

коррекции тепловых режимов печей. Эти исследования актуальны, в частности, для печей, построенных по проектам зарубежных фирм.

Проводится цикл работ по исследованию рациональных режимов охлаждения непрерывно литых заготовок из сталей ответственного назначения с целью снижения брака по трещинообразованию.

Краткий обзор научной работы кафедры теплофизики и экологии металлургического производства НИТУ «МИСиС» в определенной степени иллюстрирует и подтверждает высказывание великого В. Е. Грум-Гржимайло, приведенное в начале этой статьи. И следует дополнить, что нет пределов в развитии любой теории, так же как и разработке новых, более современных теорий.

УДК 669.013

В. Г. Лисиенко

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РтФ,

кафедра «Автоматика», г. Екатеринбург, Россия

ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ПЕЧЕЙ К СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРИИ ИНТЕГРИРОВАННОГО ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Аннотация

Рассмотрено развитие теоретических основ энерготехнологий, начиная с гидравлической теории печей В. Е. Грум-Гржимайло до современной теории интегрированного энергоэкологического анализа. Изложены достижения в области энергоэкологического анализа и тепломассообменного анализа (математического моделирования) в основном в рамках уральской научной школы. Приведены также примеры некоторых практических приложений.

Ключевые слова: теоретические основы, энерготехнологии, гидравлическая теория печей, интегрированный энергоэкологический анализ.

Abstract

The development of theoretical basics of energy-technologies from hydraulic furnaces theory of V. E. Grum-Grgimailo to modern theory of integral energy-ecological analysis is considered. The advances in area of energy-ecological analysis and heat- and mass exchange analysis (mathematical modeling) essentially in the frame work of Ural scientific school are set out. The examples of some practical applications also are demonstrated.

Keywords: theoretical basics, energy-technologies, hydraulic furnaces theory, integral energy-ecological analysis.

В предыдущих материалах показана в нашем представлении цепочка развития теории печей и энерготехнологических агрегатов, начиная с гидравлической теории печей

(В. Е. Грум–Гржимайло), энергетической теории (Н. Н. Доброхотов, И. Д. Семакин, И. Г. Казанцев), общей теории печей (М. А. Глинков) к теории интегрированного энергоэкологического анализа (рис. 1) [1].

Как отмечалось, интегрированный энерго экологический анализ (ИЭЭА) включает в себя органически связанные между собой через методику оценки эффективности (КПД) процессов полный энергоэкологический и тепломассообменный анализ, в свою очередь, включающий математическое моделирование энерготехнологических и энергетических процессов (рис. 2).

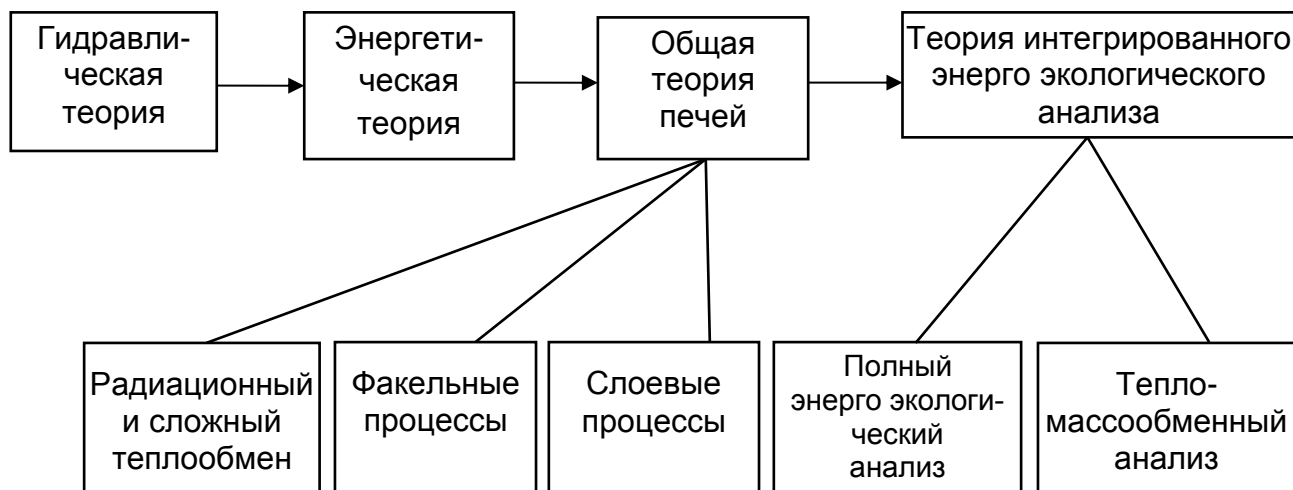


Рис. 1. Развитие теории печей и энерготехнологических агрегатов

В данном материале остановимся на ряде важных обстоятельств, произошедших в сравнительно недавний период, и еще более подчеркивающих важность и значимость развития и практического использования отмеченного ИЭЭА.

В первую очередь, следовало бы подчеркнуть отмеченную, в частности в пункте [2], важность связи устойчивой экономики с проблемами энергетической эффективности. В этом плане отметим развитие в недавнее время теории анализа хозяйственной деятельности (АХД), занявшей важное место среди экономических наук и которую рассматривают как одну из основ современных функций управления производством [2; 3].

В работах автора совместно с Я. М. Щелоковым и Н. И. Даниловым [2; 4] определена значительная роль в рамках АХД энергетического анализа хозяйственной деятельности. При этом особенно впечатляет явная прямо пропорциональная связь между валовым национальным продуктом стран мира на душу населения и расходом энергии на душу населения (см. [2, рис. 4.1]). Автором развита теория эффективности хозяйственной деятельности с установлением роли потенциала и закона интероптимальной прибыли, раскрывающей связь эффективности производственной деятельности с нормой прибыли.

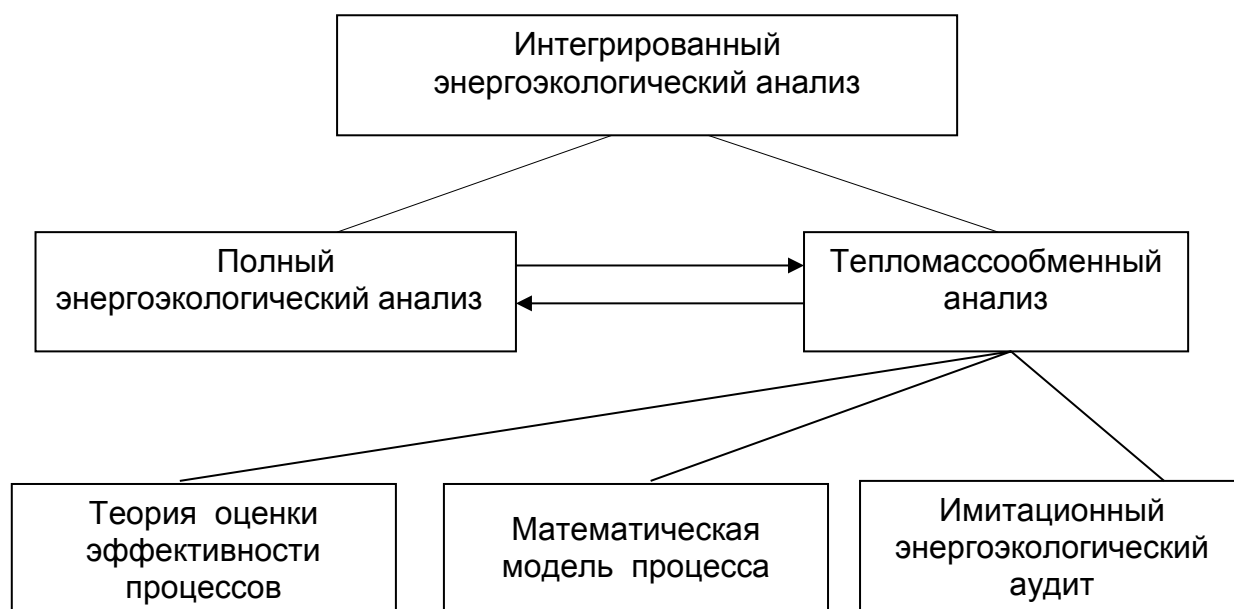


Рис. 2. Схема интегрированного энергоэкологического анализа в дуальной постановке: ИЭЭЭА = ПЭЭА + ТМОА

Для нашей страны, которая по уровню энергоемкости ВВП нуждается в значительной модернизации, большое значение имело принятие Федерального закона (ФЗ) № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

В рамках этих законодательных актов подчеркивается необходимость проведения энергетических обследований, составления топливно-энергетических балансов и оценки энергоемкости на всех уровнях производственной деятельности, включая и энергоемкости валовых региональных продуктов (ВРП). Например, в работе [5] уже продемонстрирована оцениваемая энергоемкость ВРП регионов РФ.

Отметим активную деятельность уральцев в создании СРО – Саморегулируемой организации НП «Союз «Энергоэффективность». В рамках этой организации инициативной группой в составе Я. М. Щелокова, Н. И. Данилова и автора разработан Стандарт саморегулируемой организации «Ресурсосберегающее промышленное производство, энергетический анализ хозяйственной деятельности». Я. М. Щелоков уже взаимодействует с группами Государственной думы РФ по реализации вышеупомянутых законодательных актов и данного Стандарта, особенно в части создания энергетических паспортов и проведения энергетических обследований – основ энергетического анализа. Что касается методов энергетического анализа технологий и производств, то можно отметить, что методика этого энергетического анализа, предложенная С. Е. Розиным, Я. М. Щелоковым и автором в 1968 г., в той или иной форме нашла отражение в ряде уже официальных документов, в частности, в ряде ГОСТов и в вышеупомянутом Стандарте.

Методика энергетического анализа, представляемая оценкой технологического топливного числа (ТТЧ) и технологического топливно-экологического числа (ТТЭЧ), дополнена к настоящему времени также оценкой и конкретными примерами определения топливно-парникового числа ТПЧ и топливно-амортизационного числа (ТАЧ), представляющих в

энергетических единицах соответствующие энергетические затраты (по аналогии с топливно-экологическим числом ТЭЧ) [1].

Ранее проведенные и изложенные в ряде наших работ определения ТТЧ и ТТЭЧ к настоящему времени дополнены соответствующими оценками этих параметров новых вариантов процессов прямого легирования стали ванадием (процессы ЛП), ряда технологий выплавки стали и сплавов в многофункциональном плавильном агрегате, технологии производства цемента и целлюлозы [1; 6]. При этом используется соответствующее программное обеспечение, кстати, применяемое и в учебном процессе.

Во втором звене ИЭЭА – в области математического моделирования в наших работах, как и во всей мировой практике, находят развитие новые подходы и методики. При этом значительное внимание уделено методам моделирования и расчета наиболее сложного процесса – переноса энергии излучением. Ряд наших новых разработок был доложен на международных конгрессах американского общества инженеров-механиков (ASME).

В частности, разработаны новые подходы к оценке угловых коэффициентов излучения, позволяющих в рамках зонально-узловых методов расчета учитывать сложную геометрию излучающих систем с ускорением времени расчета [7]. Получена новая зависимость для определения коэффициентов поглощения смеси CO_2 и H_2O [8], значительно расширяющей диапазон расчетов по сравнению с известной формулой А. М. Гурвича и В. В. Митора, вошедшей, как известно, в «Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод)».

Практическое приложение теоретических подходов было связано, как уже отмечалось, в энергетическом анализе ряда технологий. При этом проводилось сравнение с известными методами и демонстрировались преимущества и особенности рассматриваемых технологий.

В практическом плане разработки направлены прежде всего как раз на ту область, которая и являлась предметной областью гидравлической теории В. Е. Грум-Гржимайло – на пламенные печи. Значительная роль в этих разработках принадлежит Ю. К. и Г. К. Маликовым и ряду других коллег, а также соответствующим предприятиям.

Прежде всего отметим очень значительное развитие и приложения струйно-факельного метода [1; 6]. В секционных печах этот метод (струйно-факельного отопления) с большим экономическим эффектом нашел в разработках ВНИИМТ и УПИ (УрФУ) на Северском трубном и Первоуральском новотрубном заводах. После испытания (с участием автора и Г. К. Маликова) на опытной установке Института технологий газа (Чикаго, США) этот метод по предложению автора получил зарубежную аббревиатуру DFI (Direct Flame Impingement). Метод с этой аббревиатурой стал находить применение уже в мировой практике на целом ряде предприятий (ФРГ, США и др.). В последнее время метод дополнен использованием кислорода (фирма Linde) и получил название DFI – Oxy Fuel – метод.

Струйно-факельный метод (СФМ) нашел также применение при разработке (под руководством Ю. К. Маликова) способа прямого газового нагрева. При этом продукты сгорания газа при струйном предварительном перемешивании газа с воздухом дополняются разбавлением вентиляционным воздухом. Способ прямого газового нагрева нашел эффективное применение при вентиляции зданий и шахт в холодное время года. В частности, уже в 11 глубоких шахтах используют СФМ и прямой газовый нагрев при полном соблюдении санитарных норм по эмиссии NO_x и CO . Имеется пример снижения расхода теплоты на подогрев вентиляционного воздуха до 3 раз только по сравнению с непосредственно теплом подогретого воздуха через калорифер. Калорифер к тому же часто перемерзает в холодное время года.

Среди недавних внедренных и успешных разработок с участием автора (все со значительным экономическим эффектом) при применении методов ИЭЭА отметим также следующие.

1. Печи для правки крупногабаритных титановых листов и крип-отжига (печи КРИП). На ВСМПО внедрены и успешно эксплуатируются уже 11 печей КРИП.

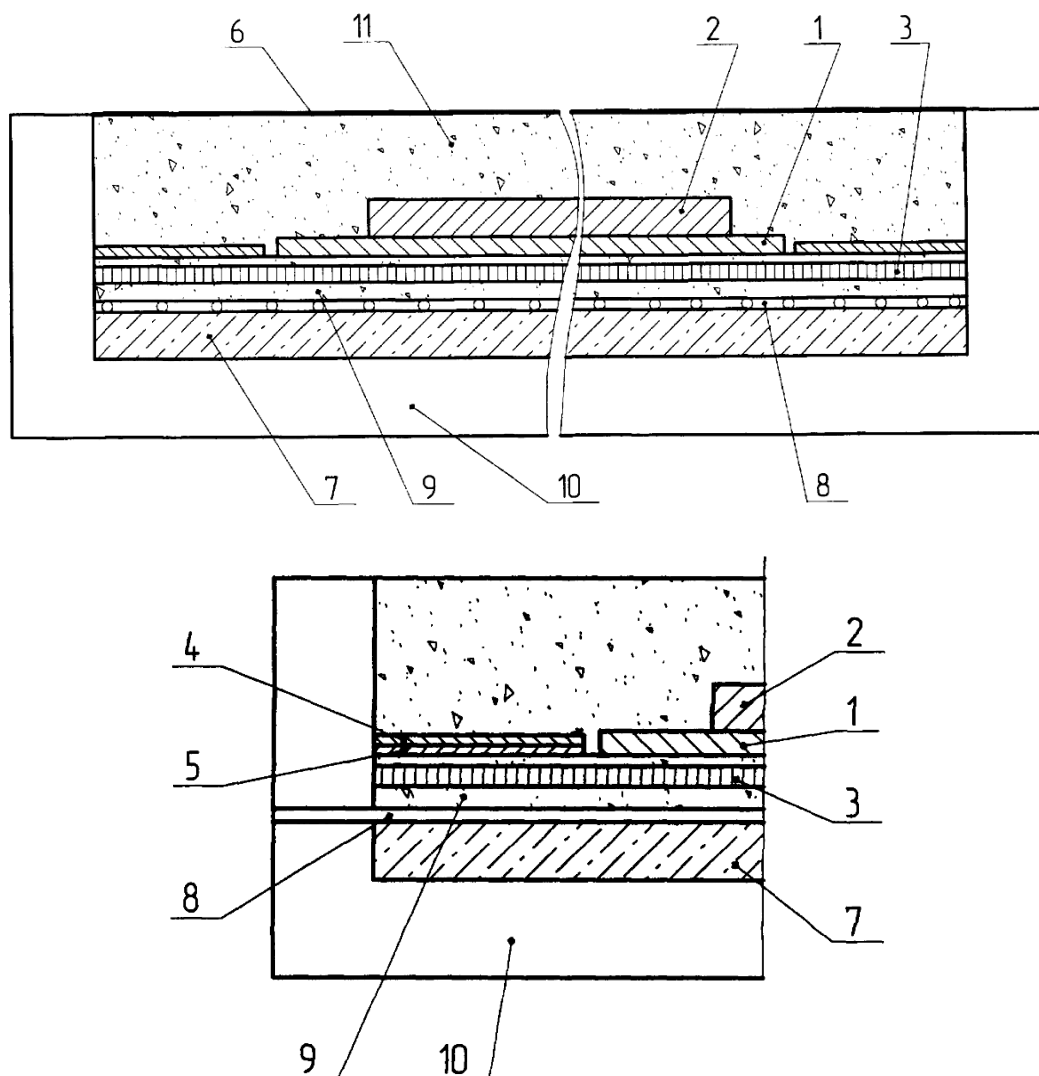


Рис. 3. Схема печи для крип-отжига и правки крупногабаритных титановых листов: 1 – металлическая плита; 2 – титановые листы; 3 – основные нагреватели – резисторы; 4 – боковые плиты; 5 – дополнительные нагревательные резисторы; 6 – пленка; 7 – опорные бетонные блоки; 8 – трубы охлаждения; 9 – керамическая плита; 10 – корпус; 11 – сыпучий материал

2. Роликовая печь безокислительного нагрева очень ответственных труб.

3. Тепловые режимы и системы автоматического регулирования проходных термических печей для термообработки трубных заготовок на ПНТЗ (газоплотность рабочего пространства, непрерывный непосредственный контроль температуры металла).

4. Методы математического моделирования, тесно связанные с проблемами автоматизации и контроля, находят плодотворный выход в усовершенствовании конструкций и тепловых режимов машин для обжига окатышей на ряде предприятий (разработки УрФУ, НИИ металлургической теплотехники – ВНИИМТ, фирмы «ТОРЭКС», ПО «Уралмаш» и др.). В том числе в настоящее время гранулометр для оценки размеров дробленной руды в непрерывном режиме проходит испытание в Монголии на предприятии по добыче медной руды «Эрденет» (активный участник В. Н. Круглов).

5. Проходят апробирование на ряде предприятий методы акустического воздействия при пылеосаждении и разливе металла, в том числе при анализе проб металла.

В заключение отметим, что самоотверженная и очень плодотворная деятельность В. Е. Грум-Гржимайло, его приверженность к теоретическим постановкам и обобщениям с широким применением теоретических и расчетных методов в многочисленных успешных разработках – неувядающий, достойный подражания, даже спустя 150 лет, пример как для подрастающего поколения, так и для всех специалистов и не только в области «пламенной» теплотехники. Его деятельность и труды – это яркий горящий факел, освещающий пути и дороги инженерного творчества и подвижничества в наши дни.

Список использованных источников

1. Лисиенко В. Г. Совершенствование и повышение эффективности энерготехнологий и производств (интегрированный энергоэкологический анализ: теория и практика): В 2 т. Т. 1. – М.: Теплотехник, 2008. – 688 с.

2. Щелоков Я. М., Лисиенко В. Г. Эффективность и энергетические основы устойчивой экономики: учебно-методическое пособие ред. В. Г. Лисиенко. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2010. – 400 с.

3. Савицкая Г.В. Теория и анализ хозяйственной деятельности: учебное пособие. – М.: ИНФРА-М, 2006. – 281 с.

4. Щелоков Я. М., Данилов Н. И., Лисиенко В. Г. Энергетический анализ и управление: территории, производства, технологии: учебное ред. В. Г. Лисиенко. – Екатеринбург: УрФУ, РУО АИН им. А. М. Прохорова, 20013. – 109 с.

5. Гашо Е.Г. Пути и проблемы модернизации распределенных энерготехнологических систем регионов Электрика. 2011. № 2. С. 12–16.

6. Лисиенко В.Г. Совершенствование и повышение эффективности энерготехнологий и производств. Новые способы, модельные и экспериментальные исследования: В 2 т. Т. 2, кн. 1. – М.: Теплотехник, 2013. – 592 с.

7.. On a Priori Method for Choosing Surface View Factor Evaluation R. Koptelov, G. Malikov, V. Lisienko, R. Viskanta // ASME 2012. International Mechanical Engineering Congress and Exposition. No. IMECE 2012 – 85808. Houston, TX, U.S.A, 2012.

8. Simple Expression for Emittance of H₂O – CO₂ Mixtures in Zonal Methods of Radiation Transfer Modelling V. Lisienko, G. Malikov, R. Viskanta, A. Titaev // ASME 2013. International Mechanical Engineering Congress and Exposition. No. IMECE 2013 – 62738. San Diego, CA, U.S.A, 2013.